**CAPÍTULO 2**

1. **MARCO TEÓRICO**
	1. **Marco Conceptual de Producción Esbelta**

Durante la primera mitad del siglo XX, la producción en masa fue la pauta a seguir por las empresas manufactureras. La producción en grandes volúmenes requería contar con extensas bodegas para almacenar enormes existencias de materia prima, componentes y producto terminado las cuales reducían el efecto de las interrupciones en el sistema de producción. Dichas interrupciones eran debido a fallas del sistema logístico, a las entregas atrasadas de los proveedores, a los materiales y productos de baja calidad y a la ineficiencia dentro del propio sistema de producción.

En los años sesenta y setenta los Japoneses identificaron que tal como sucedía en occidente, en la industria manufacturera se iban a presentar altibajos que afectarían sus curvas de crecimiento económico e industrial. Los grandes espacios para almacenar los inventarios y la imposibilidad de responder rápidamente a cambios en las tendencias de compra, llevó a los dirigentes de los negocios a buscar metodologías para mejorar la flexibilidad de los procesos fabriles y encontrar la ventaja competitiva. Fue en esta búsqueda que la firma Toyota emerge como una filosofía poderosa que todo negocio debía aprender. Cuando ocurre la crisis petrolera en 1973 y Toyota se destacaba por encima de las demás compañías, el gobierno japonés intenta copiar el modelo y pasarlo a las demás empresas. Las capacitaciones continúan y solo en año 1990 surge el término *producción esbelta*, citado en el libro “*The machine that changed the world.* (La máquina que cambió el mundo) [1].

**¿Por qué adoptarla?**

* Consideran los expertos que en solo 10 años a las empresas que no la incorporen no les será posible subsistir.
	+ La globalización ha causado una mayor competitividad en todas las actividades.
	+ La industria reduce constantemente márgenes de utilidad para poder permanecer en el mercado.
	+ Cada pequeño ahorro contribuye a mejorar la economía de la organización.
* Hay que hacer el mejor uso de todos los recursos.
* El recurso humano es el más esencial de todos.

**Definición**

Son varias herramientas que ayudan a eliminar todas las operaciones que no le agregan valor al producto, servicio y a los procesos, aumentando el valor de cada actividad realizada y eliminando lo que no se requiere [2].

**Pensamiento Esbelto**

Es una Filosofía de vida que induce a un buen régimen de relaciones humanas con la anulación de mandos, reemplazada por liderazgo donde la opinión de todos cuenta.

**Características**

Este sistema se distingue por los siguientes principios [2].

* Define el valor e identifica la cadena de valor para su producto.
* Elimina todos los pasos innecesarios en toda la cadena de valor.
* Crea flujo de valor: Que todo el proceso fluya suave y directamente de un paso que agregue valor a otro, desde la materia prima hasta el consumidor.
* Toda actividad es halada por el cliente: Una vez hecho el flujo, serán capaces de producir por órdenes de los clientes en vez de producir basado en pronósticos de ventas a largo plazo.
* Persigue la perfección continuamente.
* Líder (pone el ejemplo).

Además hay que tener en mente que no hay proceso perfecto, la flexibilidad es la clave del éxito y éste es progresivo.

**Procedimiento**

A continuación se describen mediante un gráfico cuatro pasos para identificar y eliminar desperdicios en los procesos de producción [3].

|  |  |
| --- | --- |
| **PASO 1**DEFINICIÓN DE LOS PROBLEMAS DEL PROCESO | 1.1 Conversar con el Jefe de producción.1.2 Realizar medidas de referencia.1.3 Identificar los problemas del proceso.1.4 Priorizar y seleccionar problemas. |
| **PASO 2**IDENTIFICACIÓN DE DESPERDICIOS | 2.1 Preparar entrevista.2.2 Entrevistar trabajadores de producción.2.3 Analizar datos.2.4 Interpretar resultados y clasificar desperdicios. |
| **PASO 3**ELIMINACIÓN DE DESPERDICIOS | 3.1 Planear eliminación de desperdicios.3.2 Comunicar plan.3.3 Implementar plan. |
| **PASO 4**MEDICIÓN Y EVALUACIÓN DE MEJORAS | 4.1 Realizar medidas después de mejoras.4.2 Comparar mediciones.4.3 Comunicar resultados. |

**FIGURA 2.1. PASOS PARA IDENTIFICAR Y ELIMINAR DESPERDICIOS**

Se realiza una breve síntesis de cada uno de los pasos descritos en la Figura 2.1.

**Paso 1. Definición de los Problemas del Proceso**

Para definir problemas en el proceso de producción se debe conversar con el Jefe de producción o supervisor sobre los procesos de producción de la planta, luego se identifican los problemas del proceso y se los prioriza para ser seleccionados para su posterior análisis [3].

**Paso 2. Identificación de Desperdicios**

Este segundo paso analiza la parte operativa de la empresa, donde se elabora una entrevista dirigida a los operarios de producción, con el propósito de lograr identificar los diferentes desperdicios que pueden existir en el desarrollo de sus actividades, luego se analizan los datos, se interpretan los resultados y por último se clasifican los desperdicios [3].

**Paso 3. Eliminación de Desperdicios**

La eliminación de desperdicios en un ambiente de trabajo empieza con la planeación. Un plan es una guía para tomar futuras decisiones. Esto asegura que los procesos de producción realicen cambios sistemáticos encaminados al éxito. Sin embargo, los métodos para mejorar procesos deben ser evaluados para tomar la mejor acción. En general, un plan es un escrito de lo que se discute y acuerda durante el proceso de planeación. El plan puede ser simplemente una serie de acciones que tienen que ser claramente comunicadas [3].

**Paso 4. Medición y Evaluación de Mejoras**

Una vez que el proceso de producción ha sido mejorado, es tiempo de realizar nuevas mediciones, comparar estas mediciones con las anteriores y luego comunicar los resultados [3].

**Beneficios**

La implantación de Manufactura Esbelta es importante en diferentes áreas, ya que emplea diferentes herramientas. Algunos de los beneficios que genera son:

* Reducción de costos de producción.
* Reducción de inventarios.
* Reducción de tiempo de entrega.
* Mejor calidad.
* Menos mano de obra.
* Mayor eficiencia de equipo.
* Disminución de desperdicios.

**Tipos de Desperdicios**

Los desperdicios incrementan los costos sin aportar ningún beneficio reduciendo la competitividad en el mercado.

Existen 9 tipos de desperdicios en producción que son [3]:

* Sobreproducción.
* Inventario.
* Tiempo de Espera.
* Transporte.
* Defectos.
* Procesamiento Extra.
* Exceso de Movimientos.
* Gente Poco Utilizada.
* Materiales y Recursos Naturales.

**Sobreproducción**

Es hacer más de lo necesario. Es producir demás componentes, papeles, copias, llamadas telefónicas, formatos, informes que no son requeridos para su uso o venta y por lo tanto generan muy poco uso ó valor. Es una de las peores formas de desperdicio porque genera otra forma grave de desperdicio: el inventario por ejemplo es fabricar productos que no fueron ordenados, Fabricar de acuerdo a la capacidad de la línea y no de acuerdo a la demanda del cliente, Visitar dos veces al cliente para hacer un solo servicio [2].

**Inventario**

Es la acumulación de productos y/o materiales en cualquier parte del proceso, es un inventario “stock” de cualquier cosa. Es especialmente dañino porque las compañías lo usan para ocultar problemas, lo que ocasiona que las personas no estén motivadas a realizar mejoras. No conforme con lo anterior el inventario genera otras formas de desperdicio como son: el tiempo de espera, el transporte, fallas y duplica el trabajo. Por ejemplo es exceso de materia prima, material en proceso ó producto terminado, documentos en espera de procesarse en el escritorio de alguien [2].

**Tiempo de Espera**

Indica el tiempo perdido entre operaciones o durante una operación, debido a material olvidado, líneas no balanceadas, errores de programación, etc.

Esperar por cualquier cosa que detenga el proceso (o dónde se detenga el trabajo): alguien que ejecute un paso, equipo, información, inventario de trabajo en fila, una aprobación, una copiadora, un fax, una computadora, una impresora, etc.

Otra forma de esperar es la falta de material para producir, retraso en el procesamiento de un lote, máquinas descompuestas, cuellos de botella, aprobación de trabajos por el cliente, etc [2].

**Transporte**

Se refiere a transportar el material más de lo necesario, ya sea desde un proveedor o un almacén hacia, entre o incluso dentro de un mismo proceso. Temporalmente localizar y mover materiales, gente, información o papeles más allá de lo estrictamente necesario. Incluye archivar o ubicar cosas en sitios temporales. Por ejemplo transportar el material en proceso a largas distancias, transportación ineficiente y layout mal diseñado [2].

**Defectos**

Es producir partes defectuosas o manejar materiales de manera inadecuada. También incluye el desperdicio por volver a hacer un trabajo y pérdidas de productividad asociadas con las interrupciones en la continuidad del proceso. Afectan la capacidad del proceso, añaden costos y ponen en peligro la calidad de producto o servicio final. Por ejemplo el desperdicio, retrabajo, reemplazos en la producción e inspección [2].

**Procesamiento Extra**

Se genera cuando se extiende el proceso de elaboración de un producto o servicio más de lo necesario y que el cliente no está dispuesto a pagar. Esta forma de desperdicio es más difícil de identificar y eliminar. Reducirlo implica excluir elementos innecesarios del trabajo mismo. Por ejemplo el procesamiento incorrecto, exceso de firmas en documentos, verificaciones de los trabajos de otros, múltiples firmas de aprobación, etc [2].

**Exceso de Movimientos**

Se define como cualquier movimiento que no es necesario para completar de manera adecuada una operación o actividad. Cada vez que una persona se estira, inclina o gira, genera un desperdicio de movimiento, así como desplazarse para ir por material, herramientas, planos, formatos, copias, etc. Además también se considera movimientos no necesarios de las máquinas. Un ejemplo son los movimientos humanos que no son necesarios o generan sobre esfuerzo [2].

**Gente Poco Utilizada**

También conocido como desperdicio de talento, no dar participación a la gente, no conocer los talentos de los compañeros y no poder administrar el conocimiento [2].

**Materiales y Recursos Naturales**

Cualquier cosa que no se pueda reciclar, volver a usar o vender. Por ejemplo el mal almacenamiento de materiales sensitivos a la temperatura, pobre mantenimiento en equipos (copiadoras), uso excesivo de agua y papel, mal uso del aire, etc [3].

**Definiciones de Técnicas Lean [3]**

Es importante conocer el tipo de desperdicio ante el cual se encuentra, ya que de esta manera se podrá realizar una selección apropiada de las acciones y técnicas pertinentes y su correcta aplicación, a continuación se definirán algunas técnicas Lean.

**5’S**

Los cincos pasos para la organización del sitio de trabajo originalmente viene de 5 palabras usadas por las industrias manufactureras de Japón. Esta técnica busca lograr limpieza, organización y seguridad en el lugar de trabajo. Se la define de la siguiente manera:

*Clasificar (Sort).-* Realizar una clasificación interna y externa colocando etiquetas rojas en todas las partes y herramientas no necesitadas, moviéndolas a una área de almacenamiento temporal. Luego de un tiempo determinado, las partes y herramientas con etiquetas rojas son eliminadas, vendidas, enviadas a otro departamento o regaladas.

*Ordenar (Set in Order).-* Identificar la mejor ubicación de las partes y herramientas que se quedan en el sitio de trabajo, establecer los límites de inventario e instalar indicadores de ubicación temporal.

*Limpiar (Shine).-* Limpiar todo, dentro y fuera. Inspeccionar las partes y herramientas limpiándolas para prevenir suciedad y contaminación.

*Estandarizar (Standardize).-* Crear reglas para mantener y controlar las primeras 3 S y usar control visual*.*

*Sostener (Sustain).-* Asegura el mantenimiento de las 5 S a través de la comunicación, entrenamiento y autodisciplina.

**Almacenaje en el Punto de Uso (POUS)**

Esta técnica Lean establece que la ubicación de las partes, materia prima, herramientas y equipos tienen que estar lo más cerca posible del lugar en donde va a ser usada. En los procesos de producción la técnica POUS elimina el concepto de cuarto de almacenamiento, mejora la exactitud del inventario, controla y minimiza los desperdicios de transporte, procesos, recursos humanos, movimientos y esperas.

**Trabajo en Grupo y Entrenamiento Cruzado.**

Los grupos de trabajos deben tener un entrenamiento cruzado ya que son los responsables de detectar los desperdicios del proceso. Esta técnica elimina barreras departamentales y las reemplaza con equipos de funcionalidad cruzada. Estos equipos tienen la responsabilidad de estudiar los problemas del proceso e inmediatamente implementar mejoras.

**Mantenimiento Productivo Total (TPM)**

Es una técnica sistemática que ayuda a eliminar las paradas de las máquinas como factor de desperdicio. El TPM considera la inteligencia y habilidad de los operarios quienes están más familiarizados con las máquinas en el proceso.

**Manufactura Celular.**

Esta técnica ayuda a decidir la ubicación más apropiada de los equipos y maquinarias en el departamento de producción.- los beneficios de una buena distribución celular logran la reducción del inventario, trabajo en proceso, tiempo de puesta en marcha, manipulación de material, balancea el trabajo, mejora el uso de recursos humanos, mejora el control y la automatización, reduce el tiempo perdido por transporte y mejora el área de trabajo en general. La manufactura celular incluye principalmente el balanceo del trabajo relacionando el tiempo de ciclo de la producción con el tiempo Takt de la demanda.

**Sistema Pull.**

Otra técnica Lean es mover el producto en base a la demanda del cliente (Pull). Esta técnica controla el flujo de recursos reemplazando solamente el material que se ha consumido en el proceso. El sistema Pull elimina desperdicios de manejo de almacenamiento, obsolescencia, reparación, reproducción, uso de instalaciones, usos equipos y excesos de inventario (Inventario en proceso, inventario de producto terminado). El sistema Pull consiste en procesar lotes pequeños, bajo inventarios, mejor comunicación y administración directa. Este sistema transforma el proceso tradicional (Push) en Pull logrando que el proceso entero funcione de manera continua.

**2.2 Conceptos Mapeo de la Cadena de Valor (VSM)**

La cadena de valor es una herramienta muy poderosa que se usa para crear mapas de flujo de información y materiales que son muy útiles para los procesos de manufactura y procesos administrativos. Esta herramienta permite que las compañías mapeen el flujo de materiales que empieza desde la materia prima en su estado bruto, pasando por diferentes procesos de transformación y manufactura, hasta llegar a ser un producto terminado. Se aprende a analizar el inicio de un producto hasta que éste haya terminado. Esto lleva a comenzar con un mapa de estado actual que indica en donde se encuentra un producto. Después de terminar el estado actual, continúa con el estado futuro el cual ayuda a ver hacia donde se dirige y como se va a lograr ese recorrido que se detallo en el mapa; con este proceso, se eliminan costos y se reducen operaciones, cuando la materia prima va pasando por el proceso de transformación y manufactura [4].

**Definición**

Una cadena de valor son todas las acciones (tanto de valor agregado como de valor no agregado) que se requiere para llevar un producto a través de los canales esenciales para hacer que el producto fluya desde la materia prima hasta las manos del cliente y que se diseñe el flujo desde su concepto hasta su lanzamiento.

*Valor agregado:* Son todas aquellas operaciones que transforman el producto.

*Valor no agregado:* Son todas aquellas operaciones donde la materia prima no sufre alguna transformación [5].

**Características**

A continuación se presenta una descripción de lo que busca el Mapeo de la Cadena de Valor [5].

* Producir de acuerdo al “TAKT TIME” (Ritmo de Producción).
* Desarrollar un flujo continuo donde sea posible.
* Usar “SUPER MERCARDO” para controlar la producción donde no se pueda aplicar un flujo continuo.
* Tratar de enviar al cliente un programa para un solo proceso de producción.
* Distribuir la producción de los diferentes productos en iguales cantidades sobre el tiempo de trabajo del ritmo de producción del proceso (nivele la mezcla de la producción).
* Desarrollar un “PULL INICIAL” liberando y retirando pequeños incrementos de trabajo en el ritmo de producción del proceso. (nivele el volumen de producción).
* Desarrollar la habilidad de hacer cada parte todo los días (después de cada turno, hora y tarima, etc.).

**Procedimiento**

Los pasos para elaborar un mapeo de la cadena de valor del estado actual son los siguientes [4]:

* 1. Dibujar el icono del proveedor, cliente y control de producción.
	2. Colocar los requerimientos por día y por mes.
	3. Ubicar la producción diaria y sus requerimientos.
	4. Diseñar el icono de envío que sale al cliente y dentro de la frecuencia de entrega.
	5. Bosquejar el icono de entrega al proveedor y dentro de la frecuencia de entrega.
	6. Agregar los iconos del proceso de izquierda a derecha.
	7. Añadir los iconos de información abajo de cada proceso.
	8. Adicionar los iconos de comunicación, información y frecuencia en que se ejecuta.
	9. Obtener la información del proceso y agregarla en la caja de texto correspondiente.
	10. Añadir iconos y cantidad de operadores.
	11. Aumentar iconos de inventarios y días.
	12. Incrementar iconos de empuje y PEPS (primero en entrar, primero en salir).
	13. Agregar alguna otra información que sea útil al proceso.
	14. Adicionar las horas del proceso.
	15. Revisar los ciclos del proceso esbelto.
	16. Calcule el tiempo de ciclo total y los días requeridos.

**FIGURA 2.2. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE “ESTADO ACTUAL”**

Una vez bosquejado todo el mapa de estado actual, se procede a analizar todos los puntos anotados, para generar mejoras que ofrezcan a la empresa una reducción en tiempos de procesos o entrega de los productos, pero lo más importante, es disminuir o erradicar los desperdicios que hacen más lento el proceso y genera pérdidas de todo tipo a la empresa; con esto se está generando un mapeo de la cadena de valor del estado futuro, se llama así porque es como se desea que esté la empresa con los cambios aplicados a futuro [4].

Para elaborar un mapa de la cadena de valor del estado futuro se procede a realizar los siguientes pasos [4]:

1. Primero se obtiene el Takt Time para determinar el tiempo necesario para la fabricación de una pieza.
2. Se identifican los cuellos de botella de las máquinas para poder optimizar las mismas.
3. Se anota la mejora donde se redujo la cantidad de operaciones y por consiguiente el nivel de inventario en proceso, determinando el tamaño del lote requerido.
4. Identificar las estaciones potenciales de trabajo, si es necesario se determina el uso de celdas de trabajo para perfeccionar el mismo.
5. Determinar las situaciones del KANBAN. Se utiliza un supermercado al inicio del proceso en la recepción de la materia prima con la finalidad de disminuir los días de inventario.
6. Establecer los métodos de planificación. Se anotan los nuevos datos arrojados en la aplicación de la mejora, en la caja de datos para realizar la operación en el menor tiempo posible, mejor balanceo de operación y disminuir el personal operario.
7. Se obtiene el nuevo tiempo de producción y tiempo de valor no agregado. En la parte inferior de la hoja se anotan los nuevos tiempos de valor agregado y valor no agregado, en el cual se visualiza que mejoró de acuerdo a la situación anterior.

**FIGURA 2.3. MAPA DE LA CADENA DE VALOR DE “ESTADO FUTURO”**

La simbología que se utiliza en el mapeo de cadena de valor no es estándar y hay muchas variaciones. Se crean de acuerdo a las necesidades de cada mapeo o empresa. Allí su utilización es estándar para que todos los que la usen o vean tengan el mismo patrón y la vean desde un mismo punto de vista. Los símbolos que se van a utilizar en esta tesis son los siguientes [4]:

**Simbologías de Proceso**

A continuación se presentan y describen los diferentes iconos de proceso que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

**Cliente / Proveedor**

****

Este ícono representa al proveedor y se coloca dentro del recuadro del mapeo, en la parte superior del lado izquierdo, el cliente también está representado por este icono, pero éste se coloca en la parte superior derecha indicando el flujo de información.

**Caja de Procesos**

****

Este icono es un proceso, operación, máquina o departamento a través del cual fluye el material.

En caso de que se enlace con varias conexiones de estaciones de trabajo, aún cuando algunos WIP (Trabajo en Proceso) en inventario se acumulan en medio de máquinas o estaciones, la línea entera demostraría que es una sola caja.

**Caja de Datos**

****

Este icono se coloca abajo de la operación a realizar y contiene información importante y/o datos requeridos para el análisis y la aplicación del método. La información básica que se coloca en una caja de datos corresponde al ciclo de producción, lote de producción, la disponibilidad de la máquina, etc.

**Celda de Trabajo**

****

Este icono indica que múltiples procesos están adentro de una celda de trabajo. Tales celdas usualmente procesan productos limitados de familias o en caso un solo producto.

**Simbologías de los Materiales**

A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos de materiales que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

**Inventario**

****

Estos iconos demuestran inventario en medio de dos procesos. En el mapeo de los estados actuales, la cantidad de inventario puede ser aproximada o exacta, y esto se anota abajo del triángulo. Este icono también representa almacenamiento para materias primas y productos terminados.

**Cargamentos o Fletes de Transportes**

****

Este icono representa movimiento de materias primas desde los proveedores hasta el lugar de la fábrica, o el movimiento de embarques de productos terminados desde la fábrica hasta el cliente.

**De Empuje Flecha**

****

Este icono representa el " empuje " de material de una operación a otra o de un proceso al siguiente.

**Supermercado**

****

Esto es un inventario " supermercado " (kanban stockpoint). Es un inventario pequeño y está disponible para cuando el cliente solicita algunos productos, se puede tomar de allí y automáticamente se genera una tarjeta de fabricación para reposición del material tomado del supermercado. Un supermercado reduce sobreproducción y abate el inventario innecesario.

**Jalar Material**

****

Los supermercados se conectan con éste icono y significa que el proceso siguiente “jala“ a que el anterior trabaje para reposición de la cantidad jalada por el proceso posterior.

**Línea de PEPS**

****

Primeras Entradas, Primeras Salidas de inventario. Se usa éste icono cuando los procesos se conectan con un PEPS método que limita la introducción de información. El producto que primero se fábrica o elabora es el que primero se va a enviar a su siguiente operación o embarque.

**Cargamento Externo**

****

Se refiere al transporte, ya sea de servicio al cliente o bien del transporte del surtimiento de la materia prima a la empresa o fábrica.

**Simbologías de Información**

A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos de información que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

**Control de Producción**

****

Este icono señala que aquí existe un departamento de control de producción, del cual va a partir la información requerida para iniciar la fabricación de un producto.

**Embarque Diario**

****

Este icono señala que se proporciona información manual para la elaboración de productos, generalmente se enfoca en las órdenes de trabajo.

**Información Mensual**

****

Este icono en forma de rayo, significa que se está proporcionando información mensual vía electrónica, la cual va a determinar la cantidad de fabricación o respuesta de la empresa.

**Producción Kanban**

****

Este icono envía la señal para producción de un determinado número de partes.

**Retirada Kanban**

****

Este icono ilustra que un material se va a retirar hacia un supermercado, el cual envía una señal para que la operación anterior proceda a fabricar la cantidad de piezas retiradas.

**Señales Kanban**

****

Este icono señala el inventario que esta nivelado dentro de cada supermercado en medio de dos procesos.

**Tarjeta Kanban**

****

Es un icono en el cual se señala la cantidad a recoger. Con frecuencia se utilizan dos tarjetas, para el intercambio de retiro y ordenar producción.

**Secuencia de Jalar**

****

Este icono representa el retirar material de preferencia sub-ensambles, para producir un determinado número de productos o artículos.

**Balanceo de Cargas**

****

Este icono es la herramienta que se utiliza en los kanban para nivelar la producción.

**MRP/ERP**

****

Este icono determina la utilización de los diferentes métodos para ordenar la programación de la producción requerida por el cliente u otros métodos centralizados.

**Simbologías Generales**

A continuación se presentan y se describen los diferentes iconos generales que se ubicarán en el mapa de la cadena de valor:

**Mejora**

****

Este icono se emplea generalmente en el mapeo de la cadena de valor futura, ya que en él, se aplican las mejoras en el proceso.

**Operario**

****

Con este símbolo se representa al personal operario en cada estación. Cuando en el proceso o estación se van a emplear a más de un operario, este se representa con un número adicional a la figura.

**Valor Agregado y No Valor Agregado**

****

Después del mapeo, en la parte inferior del mismo, se plasman los tiempos de cada operación, así como los de inventario. Los tiempos anotados en la parte superior de la cresta del icono se refieren a los tiempos de valor agregado; o sea son los tiempos en los cuales se realiza la transformación al producto. Los tiempos que se anotan en la parte inferior, corresponden a los que no generan valor agregado al producto (tiempos de espera).

**Beneficios**

Los beneficios que brinda el mapeo de la cadena de valor son los siguientes [4]:

* Se puede visualizar el flujo que va siguiendo la cadena de valor.
* Todos los productos se ven desde una perspectiva más amplia y abierta.
* Dibujas tu flujo de información y materiales, basado en tu cadena de valor inicial.
* Ayuda a formar y hacer tu mapa de estado futuro de la cadena de valor.
* Resalta las actividades necesarias para lograr el mapa de estado futuro.

**Limitaciones**

Las limitaciones del mapeo de la cadena de valor son las que se presentan a continuación [5]:

* Aspectos no técnicos de Lean.
* Definiciones confusas.
* Alta variedad de situaciones.
* La simbología afecta el pensamiento.
* Entrenamiento.
* Otras técnicas para el mapeo.

**Caso Estudio**

En una ensambladora de PCs, se tenía el objetivo de mejorar el proceso de ensamble de PCs, implementando una metodología basada en el mapeo de la cadena de valor (VSM) se analizó la situación actual de la empresa lo que ayudo a detectar algunos problemas y desperdicios que fue el resultado del análisis del VSM [6].

**2.3 Manufactura Celular**

La denominación de Manufactura Celular es un término relativamente nuevo que se refiere a la distribución de procesos de producción en una planta industrial. Existen algunas definiciones a continuación se las nombran unas de ellas.

**Definición**

Es un sistema en el que se agrupa gran números de piezas comunes y se producen en una célula compuesta de todas las máquinas que se necesitan para producir ese grupo [7].

Unión de operaciones manuales y mecánicas en la combinación más efectiva para maximizar el valor agregado y minimizar el desperdicio [8].

**Característica**

A continuación se presentan las características de la Manufactura Celular [9].

* Flujo continuo – una sola pieza.
* Mínima interacción y movimientos.
* Mínimo espacio.
* Cero almacenamientos de partes.
* Mínimo inventario.
* Control visual.

**Procedimiento**

Los pasos para aplicar la técnica de Manufactura Celular son 5 que son los siguientes [10]:

Paso 1: Agrupar productos (Group Tecnology).

Paso 2: Medir la demanda – Establecer tiempo Takt.

Paso 3: Revisar secuencia de trabajo (Process Flow Analysis).

Paso 4: Combinar trabajo en un proceso balanceado.

Paso 5: Diseñar la distribución de célula.

A continuación se explica detalladamente cada uno de los pasos para que se comprenda mejor.

**Paso 1: Agrupar Productos (Group Tecnology).**

Es muy importante éste paso porque es el punto de partida para posteriormente formar la célula de manufactura, de todos los productos que fábrica la empresa se forman las familias que son grupos de productos donde cada grupo pasan a través de etapas similares durante la transformación y por equipos comunes en los procesos para luego seleccionar la familia de productos que se va a fabricar en la célula de manufactura, para formar las familias puede ser fácil con solo observar la secuencia de trabajo pero hay situaciones que es difícil entonces es aquí donde se debe tomar otros tipos de criterios , como hacerlo en función de la similitud en la forma, en el tamaño, en los materiales que lo conforman, en las condiciones medioambientales requeridas, etc.

Una manera más exacta de observar las similitudes de los procesos con respecto a todos los productos y así poder formar las familias es utilizando la matriz de familias de productos donde se ubica en un eje las actividades y en el otro los productos, como se muestra en la Figura 2.4

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  | **ACTIVIDADES** |
|  |  | **1** | **2** | **3** | **4** | **5** | **6** | **7** | **8** |
| **PRODUCTOS** | **A** | X | X | X |   | X | X |   |   |
| **B** | X | X | X | X | X | X |   |   |
| **C** | X | X | X |   | X | X | X |   |
| **D** |   | X | X | X |   |   | X | X |
| **E** |   | X | X | X |   |   | X | X |
| **F** | X |   | X |   | X | X | X |   |
| **G** | X |   | X |   | X | X | X |   |

**FIGURA 2.4. MATRIZ DE FAMILIAS DE PRODUCTOS**

**Paso 2: Medir la Demanda – Establecer Tiempo Takt.**

En éste segundo paso se refiere al cálculo de la razón a la cual los productos deben ser producidos en la línea de producción para cumplir con la orden del cliente que es equivalente al tiempo Takt, donde para obtener este valor se utiliza la siguiente fórmula.

$$Tiempo Takt=\frac{Tiempo de Trabajo Disponible}{Número de Piezas Vendidas}$$

Una vez que se obtiene el valor del tiempo Takt se calcula el número mínimo de personal que debe tener la célula de manufactura para cumplir con la demanda del cliente, donde para obtener éste valor se utiliza la siguiente fórmula.

$$\# Mínimo de personal=\frac{Duración del Ciclo}{Tiempo Takt}$$

**Paso 3: Revisar Secuencia de Trabajo (Process Flow Analysis).**

Para diseñar la célula de manufactura se tiene que poseer el conocimiento de todas las actividades que realiza la empresa actualmente para lo cual se observa la secuencia en las actividades de producción que cada trabajador realiza, con el fin de identificar los elementos que agregan valor y los que no agregan valor dándole un análisis especial a este último para poder minimizarlo o eliminarlo y así crear una secuencia de trabajo con el mínimo valor no agregado para la celda de manufactura.

En este paso se tiene que determinar la capacidad del equipo, tiempo de ciclo y tiempos de ajuste máquinas para el análisis del diseño de la célula.

**Paso 4: Combinar Trabajo en un Proceso Balanceado.**

Se debe balancear el proceso producción de tal manera que todas las estaciones de trabajo que conforman la línea, trabaje a un solo ritmo y así eliminar los cuellos de botellas que forman altos y bajos lo cual produce que en cada estación se formen sobrecarga de trabajo y en otras con poca carga trabajo.

**Paso 5: Diseñar la Distribución de Célula.**

Se refiere a la distribución de los recursos a lo largo de la celda de manufactura, para esto se debe considerar lo siguiente.

El diseño de la celda de manufactura debe cubrir las metas como la celda sea flexible, el tamaño del lote sea igual a uno si es posible, el almacenaje que sea en el punto de uso y que la celda sea fácilmente visualizada. La celda debe tener un flujo simplificado de materiales integrando las operaciones del proceso y haciendo en lo posible el flujo en una dirección. Minimizar el manejo de materiales concentrando los movimientos con valor agregado y estableciendo un procedimiento de reposición de material. Utilizar el 100% de la capacidad del personal para obtener una optima productividad.

**Ventajas**

La Manufactura Celular posee las siguientes ventajas [11].

* Reducción de hasta 70-90% de Lead Times e inventarios en proceso.
* Reducción del acarreo de materiales y del espacio utilizado.
* Se enriquece la mano de obra.
* Disminución del setup’s de hasta 65-80%.
* Problema de calidad pueden bajar hasta 50-80%.
* Control de planta más simple.
* Mejor comunicación.
* Mejor y más flexible utilización de operarios.





* Mejores relaciones humanas.
* Los operarios responden positivamente cuando los objetivos son claros y visibles.
* Los operadores de las máquinas tienen mayor conciencia de la importancia de sus trabajos.
* La productividad aumenta.
* Los problemas son enfrentados mejor por “equipos”.

**Desventajas**

Las desventajas de la Manufactura Celular son casi convergentes de las diferentes fuentes como se puedes notar a continuación.

Desventajas [11].

* Reducción en la utilización de máquinas.
* Reducen la flexibilidad.
* Costo de obsolescencia.
* Costo de paradas.
* Mayor entrenamiento de operarios.
* Métodos tradicionales de justificación no funcionan.
* Herramientas y soporte.

Desventajas [12].

* Incremento del coste y desorganización por el cambio de una distribución por proceso a una celular.
* Normalmente, reducción de la flexibilidad del proceso.
* Potencial incremento de los tiempos inactivos de las máquinas (éstas se encuentran ahora dedicadas a la célula y difícilmente podrán ser utilizadas todo el tiempo).
* Riesgos de que las células queden obsoletas a medida que cambian los productos y/o los procesos.

**2.4 Indicadores**

**Eficiencia [13]**

La eficiencia es la proporción de los resultados generados en relación con los estándares de resultados prescritos.

$$Eficiencia= \frac{Resultado Actual}{Resultado Estándar}$$

Se piensa que si se mejora la eficiencia, la productividad aumenta, pero no es así. La eficiencia es una condición necesaria pero no suficiente para alcanzar mayor productividad.

**EFICIENCIA ≠ PRODUCTIVIDAD**

**Productividad [14]**

Productividad puede definirse como la relación entre la cantidad de bienes y servicios producidos y la cantidad de recursos utilizados. En la fabricación la productividad sirve para evaluar el rendimiento de los talleres, las máquinas, los equipos de trabajo y los empleados.

**Productividad = Salida/Entradas**

*Entradas:* Mano de Obra, Materia prima, Maquinaria, Energía y Capital.

*Salidas:* Productos.

**2.5 Tiempos Estándar [15]**

**Definición**

El tiempo estándar de una operación, es el tiempo que debería tardarse un operario calificado en realizar una operación, utilizando un método definido, a una velocidad normal y trabajando en condiciones normales de operación (iluminación, ventilación, ambiente).

Muchas veces se pregunta por qué un operario no cumple su estándar, la definición podría ayudar a dar la respuesta:

a) ¿Es un operario calificado, o le falta experiencia?
b) ¿Está utilizando el método correcto?
c) ¿Está trabajando a una velocidad normal?
d) ¿Las condiciones de trabajo (iluminación, ventilación, ruido) son aceptables?

Al dar respuesta a las preguntas anteriores, se tiene una buena base para comenzar a hacer mejoras en las operaciones.

**Métodos de Obtención Tiempos Estándares**

Algunos métodos para calcular tiempos estándares son los siguientes:

a) Tiempos históricos
b) Tiempos estimados
c) Tiempos sintéticos o predeterminados
d) Tiempos con cronómetro

***Tiempos Históricos***

Están basados en registros de tiempos que se tienen de trabajos anteriores y que podrían aplicarse al nuevo trabajo u operación. Este método puede resultar bueno siempre que la operación nueva sea igual a la que se tiene registrada, el tiempo que se tiene haya sido bien tomado y el método no se haya modificado. Si se cumplen las condiciones anteriores se puede aplicar con razonable seguridad el tiempo histórico.

***Tiempos Estimados***

Está basado principalmente en la experiencia de trabajos similares, no necesariamente iguales. Para poner el estándar estimado, se compara el tiempo de una actividad realizada anteriormente, con la nueva operación; si son iguales, se le pone el mismo tiempo, si existe variación se hace el ajuste. De acuerdo a dicha variación, ejemplos:

Anterior: Soldar 2 piezas metálicas 40 cm: Tiempo est 1.
Nueva: Soldar 2 piezas metálicas 60 cm: Tiempo est. 1,5.

Antes: Cierres laterales (camisa) tallas juveniles: Tiempo est. 0,70
Nueva: Cierres laterales (camisa) tallas adultos: Tiempo est. 1,00

Este método es muy utilizado para cálculos rápidos, debe acompañarse con registros históricos y con estudio de tiempos con cronómetro, para operaciones nuevas o que exista algún tipo de dudas.

***Tiempos Sintéticos o Predeterminados***

Es una técnica de medición del trabajo que utiliza los tiempos predeterminados para los movimientos básicos humanos (clasificados según su naturaleza y condiciones en que se realizan) a fin de establecer el tiempo requerido por una tarea efectuada según una norma de ejecución definida (método).

Algunos movimientos básicos son los siguientes:
Estirar el brazo
Agarrar
Trasladar
Colocar
Soltar
Mover el cuerpo (tronco, piernas)

Existen varios sistemas, entre ellos están:
a) Sistema de factor trabajo (Work factor)
b) Medición del tiempo de los métodos (MTM)

Algunas industrias, debido a su tamaño, han utilizado los sistemas básicos generales como el MTM y los ha adaptado a sus propias necesidades. La importancia de los tiempos predeterminados es que se puede efectuar independientemente de la realización de la operación en estudio. Se requiere personal muy especializado para un estudio de esta naturaleza.

***Tiempos con Cronómetro***

Este sistema de cálculo de tiempos estándares, es el más utilizado por la industria, debido a su relativa simplicidad, exactitud y no requiere de personal altamente especializado para su aplicación. Puede ser utilizado por las micro-empresas, hasta las mega-empresas. Consiste en la utilización de un cronómetro, de preferencia centesimal, para medir el tiempo de las operaciones.

Se puede clasificar en dos tipos:

a) Método sencillo o global
b) Método analítico o detallado

El método sencillo o global, consiste en hacer tomas de tiempo de la operación completa; es decir, desde que inicia su operación hasta que hace su movimiento final, en forma “global”.

El método analítico, consiste en hacer una descomposición de la operación en sus movimientos básicos y cronometrar cada uno de ellos de forma independiente y valorándolos de esa misma forma, y con la sumatoria de los resultados individuales llegar hasta el tiempo global.

Fórmula para calcular el Tiempo Estándar
TE = Tiempo Estándar
TN = Tiempo Normal
TP = Tiempo Promedio
Fv = Factor de Valoración
% Tol = Porcentaje de Tolerancia (del tiempo normal)

**TE = TN + % Tol.**

**TN = TP x Fv.**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| ( TE ) | Tiempo Estándar  | Se obtiene agregándole al tiempo normal un % de tolerancias. |
| ( TN ) | Tiempo Normal | Se obtiene sacándole un promedio de los tiempos cronometrados (TP) y multiplicado por su (Fv) Factor de valoración. |
| ( TP ) | Tiempo Promedio  | Sumatoria de los tiempos cronometrados y dividido por el número de tiempos tomados. |
| ( Fv )  | Factor de valoración  | Se le llama valoración del esfuerzo o calificación del esfuerzo que hizo el operador cuando realizó la operación o el trabajo. Generalmente se trabaja con un rango del 50% al 150%. Si un trabajo se hizo con una velocidad considerada por el analista como normal se califica con 100%. Si lo hizo más rápido 105%, 110%, 115% ... o si lo hizo más lento 95%, 90%, 85%, 80% ... |
| % Tol | Porcentaje de tolerancia  | Margen de tiempo que se le agrega al tiempo normal calculado como una concesión para las necesidades del operador. Fatiga (5%-10%), necesidades personales (5-15%), maquinaria e instrucciones (5%-15%). Así tenemos un rango general que oscila del 15% 40%. El más usado es del 20 – 25%. |

**2.6 Balance de Líneas [15]**

El balance de líneas de producción es un factor crítico para la productividad de una empresa. Balance, esta palabra en sí ya da una idea de la situación a tratar. Se dice que una línea de producción está balanceada cuando la capacidad de producción de cada una de las operaciones del proceso tiene la misma capacidad de producción, como se puede apreciar en la Figura 2.5, se asemeja a una tubería con un caudal de entrada y uno igual de salida.

|  |
| --- |
| http://www.infomipyme.com/Docs/SV/Offline/comoadministrar/imagen/a8.gif |

**FIGURA 2.5. BALANCE DE LÍNEA DE PRODUCCIÓN**

En cada etapa (operación) del proceso debe existir la misma capacidad de procesamiento para que se logre el balance.

Existe un balance de diseño y un balance real.

El balance de diseño es aquel que se obtiene al calcular el número de máquinas y/o operarios que se requieren para las diferentes operaciones del proceso, tomando la eficiencia 100% como base o tomando una eficiencia máxima normal viable, que podría ser 80% (es variable) de acuerdo al proceso.

El balance de línea real resulta de la puesta en marcha del balance teórico.

La máquina falla, ausentismo del personal, eficiencia baja en algunas operaciones, materiales de mala calidad, fallas de programación. Estos problemas ocasionan cuellos de botella en el proceso y afectan la producción esperada.

**Técnica de Balanceo de Línea de Capacidad y Carga [16]**

Los pasos para balancear una línea de producción es como se muestra a continuación:

***Primero Paso***

Se construye una tabla de las características de los procesos, donde la primera columna se registra el número de procesos que tiene la línea de producción a balancear, en la segunda columna se registra el nombre de cada proceso, en la tercera columna se ubica los tiempos ciclos de cada proceso, en la cuarta columna se ubica el tipo de máquina que se utiliza en cada proceso, en la quinta columna se registra el número de cantidad de máquinas que se utilizan en cada proceso y en la última fila de la tercera columna se registra el total de los tiempos de ciclos, como se muestra en la Tabla 1.

**TABLA 1**

**CARACTERÍSTICAS DE LOS PROCESOS**

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°- PROCESO** | **NOMBRE** | **TIEMPO** | **MÁQUINA** | **N° CANTIDAD MÁQUINA** |
|  |  |  |  |  |
|  | **TOTAL** |  |  |  |

***Segundo Paso***

Se construye una tabla de porcentajes de los tiempos ciclos estándar de cada proceso, donde en la primera columna se registra los tiempos ciclos estándar de cada proceso y en la última fila se registra el total de los tiempos, en la segunda columna se registra el porcentaje de cada tiempo de ciclo estándar y en la última fila se registra el total de los porcentajes, como se muestra en la Tabla 2.

**TABLA 2**

**PORCENTAJES DE LOS TIEMPOS**

**CICLOS ESTÁNDAR DE CADA PROCESO**

|  |  |
| --- | --- |
| **TIEMPO** | **% PORCENTAJE** |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |
|  |  |

***Tercer Paso***

Se desarrolla una tabla de números de personas requeridas para cada proceso,Haciendo uso de la Tabla 2 se agrega una columna más donde se determina el número de personas que se requieren para cada proceso, según la ecuación que se muestra a continuación y en la última fila se registra el número total de personas asignada a línea de producción, dando como resultado la Tabla 3.

$$NP=\frac{(TPxPP)}{100}$$

**NP:** Número de personas requeridas en el proceso.

**TP:** Número total de personas asignada a línea de producción.

**PP:** Porcentaje de tiempo del proceso.

**TABLA 3**

**NÚMEROS PERSONAS REQUERIDAS**

**PARA CADA PROCESO**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **TIEMPO** | **% PORCENTAJE (PP)** | **N° PERSONAS (NP)** |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

***Cuarto Paso***

Se procede a balancear la línea en función de la cantidad de tiempo de trabajo para cada operador, de tal manera que los operadores realicen una carga de trabajo exactamente igual en el proceso.

Se construye una tabla de balanceo de la línea de producción donde se registra en la primera columna el número de procesos, en la segunda columna el nombre del proceso, en la tercera columna el número de personas para cada proceso y en la última fila el total y a continuación se ubica una columna por cada persona que se encuentre en la línea de producción donde se registra las cargas de trabajo que tiene que realizar cada persona sumando cada columna uno, como se muestra en la Tabla 4.

**TABLA 4**

**BALANCEO DE LA LÍNEA PRODUCCIÓN**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **N°- PROCESO** | **NOMBRE** | **N° PERSONAS** | **1ra PERSONA** | **2da PERSONA** | **3ra PERSONA** |
|  |  |  |  |  |  |
|  |  |  |  |  |  |
| **TOTAL PERSONAS** |  |  |  |  |